

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2018 年 5 月 3 日 (03.05.2018)



(10) 国际公布号
WO 2018/077216 A1

(51) 国际专利分类号:
C23C 14/35 (2006.01) **H01J 25/50** (2006.01)
H01J 37/34 (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2017/107831

(22) 国际申请日: 2017 年 10 月 26 日 (26.10.2017)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
201610930978.7 2016 年 10 月 31 日 (31.10.2016) CN

(71) 申请人: 北京北方华创微电子装备有限公司 (BEIJING NAURA MICROELECTRONICS EQUIPMENT CO., LTD.) [CN/CN]; 中国北京市

北京经济技术开发区文昌大道 8 号, Beijing 100176 (CN)。

(72) 发明人: 杨玉杰 (YANG, Yujie); 中国北京市北京经济技术开发区文昌大道 8 号, Beijing 100176 (CN)。 张同文 (ZHANG, Tongwen); 中国北京市北京经济技术开发区文昌大道 8 号, Beijing 100176 (CN)。

(74) 代理人: 北京天昊联合知识产权代理有限公司 (TEE & HOWE INTELLECTUAL PROPERTY ATTORNEYS); 中国北京市东城区建国门内大街 28 号民生金融中心 D 座 10 层 张天舒, Beijing 100005 (CN)。

(54) Title: MAGNETRON, MAGNETRON SPUTTERING CHAMBER AND MAGNETRON SPUTTERING DEVICE

(54) 发明名称: 磁控管、磁控溅射腔室及磁控溅射设备

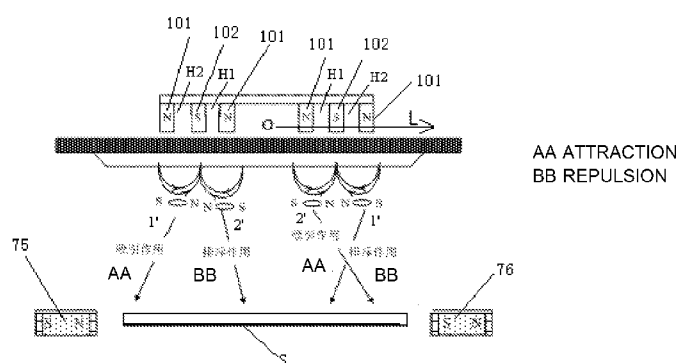


图 3

(57) Abstract: A magnetron, a magnetron sputtering chamber and a magnetron sputtering device. The magnetron comprises a first outer magnetic pole (101) and a first inner magnetic pole (102) which have opposite polarities, the first outer magnetic pole (101) being an annular structure surrounding a rotation centre (O), the first inner magnetic pole (102) being located on the inner side of the first outer magnetic pole (101), a first magnetic field track (103) being formed between the first inner magnetic pole (102) and the first outer magnetic pole (101). A straight line (L) extending out from the rotation centre (O) along a radial direction passes through the first magnetic field track (103) at least two times, the first magnetic field track (103) having opposite magnetic field directions when the straight line passes through the two times. The magnetron solves the technical problem in the prior art that thin films formed by sputtering having poor uniformity.

(57) 摘要: 一种磁控管、磁控溅射腔室及磁控溅射设备, 磁控管包括极性相反的第一外磁极 (101) 和第一内磁极 (102); 其中, 第一外磁极 (101) 为环绕旋转中心 (O) 的环形结构; 第一内磁极 (102) 位于第一外磁极 (101) 的内侧, 且在第一内磁极 (102) 与第一外磁极 (101) 之间形成第一磁场轨道 (103); 自旋转中心 (O) 且沿其中一条半径方向发射出的直线 (L) 至少连续两次穿过第一磁场轨道 (103), 且直线连续两次穿过的第一磁场轨道 (103) 的磁场方向相反。提供的磁控管能够解决现有技术中存在的溅射形成的薄膜均匀性较差的技术问题。

(81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

(84) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

— 包括国际检索报告 (条约第21条(3))。

磁控管、磁控溅射腔室及磁控溅射设备

技术领域

本发明属于微电子加工技术领域，具体涉及一种磁控管、磁控溅射腔室以及磁控溅射设备。

背景技术

随着技术的发展，集成电路制造工艺已可以显著缩小处理器的尺寸，但是仍然有一些诸如集成电感、噪声抑制器等的核心元器件在高频化、微型化、集成化等方面面临诸多困难。为了解决此问题，具有高磁化强度、高磁导率、高共振频率及高电阻率的软磁薄膜材料引起人们越来越多的关注。

虽然对软磁薄膜材料的关注主要集中在高磁导率和高磁化强度、以及低矫顽力和低损耗等性能上，但是，影响软磁薄膜材料发展的一个主要因素是它的截止频率。而通过调控软磁薄膜的面内单轴各向异性场，可以实现对软磁薄膜材料的截止频率的调节。而调控软磁薄膜的面内单轴各向异性场的一个常用方法是磁场诱导沉积，其具有工艺简单、无需增加工艺步骤、对芯片伤害小等的优点，是工业生产的首选方法。

另外，为了提高溅射的效率和靶材的利用率，需要在靶材的背部设有磁控管，利用磁控管所产生的磁场延长电子的运动轨迹，以增加电子与工艺气体碰撞的几率，从而提高等离子体的密度，进而提高溅射的效率和靶材的利用率。

在磁控溅射腔室中，通常可以采用如图 1a 和图 1b 所示的磁控管，沉积磁性薄膜。具体地，图 1a 示出了一种对称肾形磁控管，其沿旋转中心 31 进行旋转，用于对靶材 3 的表面进行扫描。该对称肾形磁控管包括外磁极 221 和内磁极 222，二者在靶材 3 上的正投影性质均为闭合环形，且极性相反，

并且在外磁极 221 和内磁极 222 之间形成磁场轨道 223。

与图 1a 所示的磁控管相类似的, 图 1b 示出了一种非对称肾形磁控管, 该磁控管的外磁极 221 和内磁极 222 的形状为不对称图形, 并且, 外磁极 221 包括外磁轭 2211 和在外磁轭 2211 上设置的多个外磁铁 2212; 内磁极 222 包括内磁轭 2221 和在内磁轭 2221 上设置的多个外磁铁 2222。

使用上述两种磁控管在磁控溅射设备制作软磁薄膜时, 溅射形成的薄膜均匀性较差, 其均匀性一般会 $> 20\%$ (计算方式为薄膜厚度的标准方差/薄膜厚度的平均值)。由于工艺上要求磁性薄膜的均匀性 $\leq 5\%$ 。因此, 采用图 1a 和图 1b 示出的两种磁控管不能满足对磁性薄膜均匀性的需求。

发明内容

本发明旨在至少解决现有技术中存在的技术问题之一, 提出了一种磁控管、磁控溅射腔室以及磁控溅射设备, 其能够解决现有技术中存在的溅射形成的薄膜均匀性较差的技术问题。

为此, 本发明提供了一种磁控管, 其具有旋转中心, 所述磁控管包括极性相反的第一外磁极和第一内磁极; 其中,

所述第一外磁极为环绕所述旋转中心的环形结构;

所述第一内磁极位于所述第一外磁极的内侧, 且在所述第一内磁极与所述第一外磁极之间形成第一磁场轨道;

自所述旋转中心且沿其中一条半径方向发射出的直线至少连续两次穿过所述第一磁场轨道, 且所述直线连续两次穿过的所述第一磁场轨道的磁场方向相反。

优选的, 所述磁控管还包括极性相反的第二外磁极和第二内磁极; 其中,

在所述第二外磁极和所述第二内磁极之间形成第二磁场轨道, 且所述旋转中心位于所述第二磁场轨道内;

所述第一磁场轨道环绕所述第二磁场轨道设置。

优选的，所述第一外磁极包括圆弧形的第一子磁极和两段圆弧形的第二子磁极，其中，

两段所述第二子磁极的一端分别与所述第一子磁极的两端连接，两段所述第二子磁极的另一端向靠近所述第一子磁极的中心延伸，且两段所述第二子磁极位于同一圆周，并且两段所述第二子磁极的另一端不相连；

所述第一内磁极为圆弧形；

所述第一子磁极、两段所述第二子磁极和所述第一内磁极的圆心均与所述旋转中心相重合。

优选的，所述第二外磁极为圆弧形，且所述第二外磁极的两端分别与两段所述第二子磁极的另一端连接，该连接处位于所述旋转中心的一侧，且所述第二外磁极的靠近中间的一部分位于所述旋转中心的另一侧；

所述第二内磁极设置在所述第一内磁极和所述第二外磁极之间。

优选的，所述第二内磁极与所述第一内磁极连接。

优选的，所述第二外磁极与所述第一外磁极不相连；

所述第二内磁极与所述第一内磁极不相连。

优选的，所述第二内磁极的形状包括：V形、U形或者Y形，且V形或者U形的开口背离所述旋转中心。

优选的，所述第一子磁极的圆心角为角 α ；两段所述第二子磁极的另一端分别与所述旋转中心之间的两条连线之间的夹角为角 β ；

所述角 α 与所述角 β 的比值大于3.5。

优选的，所述第一外磁极包括圆弧形的第三子磁极和圆弧形的第四子磁极，其中，

所述第四子磁极位于所述第三子磁极的内侧，且二者的圆心均与所述旋转中心相重合，并且所述第四子磁极的两端分别与所述第三子磁极的两端连

接;

所述第一内磁极为圆弧形,且所述第一内磁极的圆心与所述旋转中心重合。

优选的,所述直线穿过所述第一磁场轨道的次数为偶数。

优选的,所述第一磁场轨道在所述直线方向上的宽度相等。

优选的,所述第一磁场轨道的宽度的取值范围在 10~60mm。

优选的,所述第一磁场轨道的宽度的取值范围在 15mm~35mm。

优选的,所述第二磁场轨道的宽度的取值范围在 10~60mm。

作为另一个技术方案,本发明还提供一种磁控溅射腔室,用于沉积磁性薄膜,包括本发明提供的上述磁控管,所述磁控管沿所述旋转中心进行旋转,用于对靶材表面进行扫描;

并且,在所述磁控溅射腔室中还设置有利于形成水平磁场的偏置磁场装置。

作为另一个技术方案,本发明还提供一种磁控溅射设备,包括磁控溅射腔室,所述磁控溅射腔室采用本发明提供的上述磁控溅射腔室。

本发明具有以下有益效果:

本发明提供的磁控管,其在第一内磁极与第一外磁极之间形成第一磁场轨道,并且自旋转中心且沿其中一条半径方向发射出的直线至少连续两次穿过第一磁场轨道,且直线连续两次穿过的第一磁场轨道的磁场方向相反。这与现有技术相比,可以提高薄膜均匀性。

尤其对于采用偏置磁场的磁控溅射设备制作软磁薄膜的情况,通过采用本发明提供的上述磁控管,可以使直线连续两次穿过的第一磁场轨道中的磁筹方向不同,从而使自靶材溅射出的分别对应直线连续两次穿过的第一磁场轨道的磁性材料分别受到偏置磁场的排斥力和吸引力,而受到偏置磁场吸引力的磁性材料向待加工工件的边缘方向移动,受到偏置磁场排斥力的磁性材

料向待加工工件的中心方向移动，从而可以补偿沉积至待加工工件的边缘区域和中心区域的磁性材料的数量差异，进而可以提高薄膜均匀性。

本发明提供的磁控溅射腔室，其通过采用本发明提供的上述磁控管，可以提高薄膜均匀性。

本发明提供的磁控溅射设备，其通过采用本发明提供的上述磁控溅射腔室，可以提高薄膜均匀性。

附图说明

图 1a 为现有的磁控管的第一种结构示意图；

图 1b 为现有的磁控管的第二种结构示意图；

图 2 为采用图 1a 和图 1b 的磁控管的工作原理示意图；

图 3 为本发明实施例提供的磁控管的工作原理示意图；

图 4a 为本发明实施例提供的磁控管的第一种结构示意图；

图 4b 为本发明实施例提供的磁控管的第二种结构示意图；

图 5a 为本发明实施例提供的磁控管的第三种结构示意图；

图 5b 为本发明实施例提供的磁控管的第四种结构示意图；

图 5c 为本发明实施例提供的磁控管的第五种结构示意图；

图 5d 为本发明实施例提供的磁控管的第六种结构示意图；

图 5e 为本发明实施例提供的磁控管的第七五种结构示意图；

图 5f 为本发明实施例提供的磁控管的第八种结构示意图；

图 6 为本发明实施例提供的磁控溅射腔室的结构示意图。

其中，附图标记包括：

磁控溅射腔室 1、磁控管组件 2、固定架 21、磁控管 22、外磁极 221、外磁轭 2211、外磁铁 2212、内磁极 222、内磁轭 2221、内磁铁 2222、磁场轨道 223、去离子水 23、靶材 3、承载装置 4、待加工工件 S、上屏蔽件 5、

下屏蔽件 6、第一磁组中的磁柱 75、第二磁组中的磁柱 76、螺丝 8、第一外磁极 101、第一子磁极 101a、第二子磁极 101b、第三子磁极 101c、第四子磁极 101d、第一内磁极 102、第一磁场轨道 103、旋转中心 31 和旋转中心 O、其中一条半径方向发射出的直线 L；第二外磁极 201、第二内磁极 202 和第二磁场轨道 203。

具体实施方式

为使本领域的技术人员更好地理解本发明的技术方案，下面结合附图来对本发明提供的磁控管、磁控溅射腔室以及磁控溅射设备进行详细描述。

请参阅图 3，本发明实施例提供了另一种磁控管，其具有旋转中心 O，且该磁控管包括极性相反的第一外磁极 101 和第一内磁极 102；其中，第一外磁极 101 为环绕旋转中心 O 的环形结构；第一内磁极 102 位于第一外磁极 101 的内侧，且在第一内磁极 102 与第一外磁极 101 之间形成第一磁场轨道。自旋转中心 O 且沿其中一条半径方向发射出的直线 L 连续两次穿过该第一磁场轨道，且该直线 L 连续两次穿过的第一磁场轨道的磁场方向相反。

也就是说，在第一外磁极 101 和第一内磁极 102 之间具有间隔，并且，自旋转中心 O 且沿其中一条半径方向发射出的直线 L 穿过该间隔两次，第一次穿过的间隔为 H1，第二次穿过的间隔为 H2，且间隔 H1 的磁场方向与间隔 H2 的磁场方向相反。

在使用现有技术中类似图 1a 和图 1b 示出的两种磁控管时，会存在以下问题，即：在采用偏置磁场的磁控溅射设备制作软磁薄膜时，溅射形成的薄膜均匀性较差，其均匀性一般会 $> 20\%$ （计算方式为薄膜厚度的标准方差/薄膜厚度的平均值）。由于工艺上要求磁性薄膜的均匀性 $\leq 5\%$ 。因此，采用图 1a 和图 1b 示出的两种磁控管不能满足对磁性薄膜均匀性的需求。

下面对使用上述两种磁控管存在的薄膜均匀性差的原因进行详细说明，

具体地，如图 2 所示，偏置磁场由设置在待加工工件 S 两侧的第一磁柱 75 和第二磁柱 76 产生，其中，第一磁柱 75 的 N 极指向待加工工件 S，第二磁柱 76 的 S 极指向待加工工件 S。在此基础上，外磁极 221 和内磁极 222 之间的磁场轨道 223 对应待加工工件 S 左侧区域（靠近第一磁柱 75 的区域）的部分的磁筹方向与第一磁柱 75 的磁极方向相反，而磁场轨道 223 对应待加工工件 S 右侧区域（靠近第二磁柱 76 的区域）的部分的磁筹方向与第二磁柱 76 的磁极方向相同，因此，自靶材溅射出的对应待加工工件 S 左侧区域的磁性材料会受到第一磁柱 75 的吸引而向左偏移，同时对对应待加工工件 S 右侧区域的磁性材料会受到第二磁柱 76 的排斥同样向左偏移，从而造成了沉积形成的磁性薄膜从右至左逐渐增厚，导致薄膜均匀性较差，不能满足对磁性薄膜均匀性的需求。

为了解决上述技术问题，使用本发明实施例提供的磁控管在采用偏置磁场的磁控溅射设备制作软磁薄膜时，自靶材溅射出的分别对应上述间隔 H1 和间隔 H2 的磁性材料的磁性方向不同，具体地，对应上述间隔 H1 的磁性材料的磁性方向为 1'；对应上述间隔 H2 的磁性材料的磁性方向为 2'。在这种情况下，左侧磁性方向为 1' 的磁性材料会受到第一磁柱 75 的吸引力而向待加工工件 S 的边缘偏移，同时左侧磁性方向为 2' 的磁性材料会受到第一磁柱 75 的排斥力而向待加工工件 S 的中心偏移；同理，右侧磁性方向为 1' 的磁性材料会受到第二磁柱 76 的排斥力而向待加工工件 S 的中心偏移；右侧磁性方向为 2' 的磁性材料会受到第二磁柱 76 的吸引力而向待加工工件 S 的边缘偏移。由此，本发明实施例提供的磁控管能够与偏置磁场配合，补偿沉积至待加工工件 S 的边缘区域和中心区域的磁性材料的数量差异，进而可以提高薄膜均匀性。利用本发明实施例提供的磁控管获得的磁性薄膜的均匀性 $\leq 5\%$ ，从而满足了工业上对磁性薄膜均匀性的需求。

另外，本发明实施例提供的磁控管在用于非磁性薄膜的溅射沉积时，也

能得到均匀性良好的薄膜。

此外，本发明实施例提供的磁控管若满足下述条件，可以实现待加工工件整个表面的溅射均匀性，尤其可以使小尺寸的待加工工件上的磁性薄膜的溅射均匀性更好。应该满足的条件为：第一外磁极 101 和第一内磁极 102 沿自旋转中心 O 且沿其中一条半径方向发射出的直线 L 所在方向相互交替设置且间隔一定距离（如图 3 中的间隔 H1 和间隔 H2）；第一外磁极 101 和第一内磁极 102 之间形成第一磁场轨道 103；自旋转中心 O 且沿其中一条半径方向发射出的直线 L 连续两次穿过第一磁场轨道 103，且该直线 L 连续两次穿过的第一磁场轨道的磁场方向相反。

若本发明实施例提供的磁控管只在靶材边缘部分满足上述条件，则至少可以提高溅射在待加工工件边缘部分的磁性薄膜的均匀性，从而可以适用于大尺寸待加工工件的磁性薄膜的均匀溅射。

优选的，上述直线 L 穿过第一磁场轨道 103 的次数为偶数。这样，可以存在磁场方向相反的至少两个第一磁场轨道 103，保证受到吸引作用的磁性材料和受到排斥作用的磁性材料成对出现，从而可以进一步提高薄膜均匀性。该偶数可以等于 2 或者大于 2。

下面对本发明实施例提供的磁控管的几种结构进行详细描述。具体地，第一种磁控管的结构请参阅图 4a，其第一外磁极 101 包括圆弧形的第一子磁极 101a，和两段圆弧形的第二子磁极 101b，其中，两段第二子磁极 101b 的一端分别与第一子磁极 101a 的两端连接，两段第二子磁极 101b 的另一端向靠近第一子磁极 101a 的中心延伸，并且两段第二子磁极 101b 位于同一圆周，且两段第二子磁极 101b 的另一端不相连。上述第二子磁极 101b 与第一子磁极 101a 的连接处可以通过圆滑曲线过渡。而且，第一内磁极 102 位于第一外磁极 101 的内侧，且为圆弧形；第一子磁极 101a、两段第二子磁极 101b 和第一内磁极 102 的圆心均与旋转中心 O 相重合。当然，在实际应用中，第一

子磁极 101a、两段第二子磁极 101b 和第一内磁极 102 的圆心也可以不是旋转中心 O，只要使该旋转中心 O 位于第一内磁极 102 的内侧，也可以实现磁极薄膜均匀性。

上述第一外磁极 101 为由第一子磁极 101a 和两段第二子磁极 101b 构成的非闭合磁极。这种磁控管可以应用在溅射电源为射频电源的情况。

第二种磁控管的结构如图 4b 所示，第一外磁极 101 包括圆弧形的第三子磁极 101c 和圆弧形的第四子磁极 101d，其中，第四子磁极 101d 位于第三子磁极 101c 的内侧，且二者的圆心均与旋转中心 O 相重合，并且第四子磁极 101d 的两端分别与第三子磁极 101c 的两端连接。第一内磁极 102 为圆弧形，且该第一内磁极 102 的圆心与旋转中心 O 相重合。当然，在实际应用中，第三子磁极 101c 和第四子磁极 101d 也可以不是旋转中心 O，只要使该旋转中心 O 位于第一内磁极 102 的内侧，也可以实现磁极薄膜均匀性。

由上可知，第一外磁极 101 由第三子磁极 101c 和第四子磁极 101d 构成闭合磁极，这种磁控管可以应用在溅射电源为直流电源的情况。

需要说明的是，本发明并不局限于采用图 4a 和图 4b 所示的第一外磁极 101 和第一内磁极 102 的形状，在实际应用中，第一外磁极 101 和第一内磁极 102 还可以采用其他任意形状，只要能够实现自旋转中心 O 且沿其中一条半径方向发射出的直线 L 连续两次穿过第一磁场轨道 103，且该直线 L 连续两次穿过的第一磁场轨道 103 的磁场方向相反，即可实现本发明的目的。

为了实现对靶材的全靶扫描，磁控管还包括极性相反的第二外磁极和第二内磁极，且在二者之间形成第二磁场轨道 203，如图 5a 示出的轨道 B-A-F 所示。并且，旋转中心 O 位于第二磁场轨道 203 内；第一磁场轨道 103 环绕第二磁场轨道 203 设置，用于扫描靶材的边缘部分，而第二磁场轨道 203 用于扫描靶材的中心部分。这样，可以在磁控管围绕旋转中心 O 旋转时，可以使扫描范围增加旋转中心 O 及其周围的部分，从而可以避免存在扫描盲区，

实现对靶材的全靶扫描，进而不仅可以进一步提高磁性薄膜均匀性，而且还可以提高靶材的利用率。

下面对具有第二外磁极和第二内磁极的磁控管的结构进行详细描述，图 5a~图 5d 示出的磁控管均是在图 4a 示出的磁控管的基础上进行的改进，具体地，第一种磁控管的结构如图 5a 所示，第一外磁极 101 包括圆弧形的第一子磁极 101a，和两段圆弧形的第二子磁极 101b，其中，两段第二子磁极 101b 的一端分别与第一子磁极 101a 的两端连接，两段第二子磁极 101b 的另一端向靠近第一子磁极 101a 的中心延伸，并且两段第二子磁极 101b 位于同一圆周，且两段第二子磁极 101b 的另一端不相连。上述第二子磁极 101b 与第一子磁极 101a 的连接处可以通过圆滑曲线过渡。而且，第一内磁极 102 位于第一外磁极 101 的内侧，且为圆弧形；第一子磁极 101a、两段第二子磁极 101b 和第一内磁极 102 的圆心均与旋转中心 O 相重合。

第二外磁极 201 为圆弧形，且该第二外磁极 201 的两端分别与两段第二子磁极 101b 的另一端连接，该连接处位于旋转中心 O 的一侧，且第二外磁极 201 的靠近中间的一部分位于旋转中心 O 的另一侧，也就是说，第二外磁极 201 形成凹向旋转中心 O 的结构。并且，第二内磁极 202 设置在第一内磁极 102 和第二外磁极 201 之间，且第二内磁极 202 与第一内磁极 102 连接。

由于第二外磁极 201 和第二子磁极 101b 的磁极极性相同，通过使第二外磁极 201 的两端分别和两段第二子磁极 101b 的另一端连接，有利于加工，例如采用一体成型的方式同时制作第二外磁极 201 和第二子磁极 101b；同理，由于第二内磁极 202 和第一内磁极 102 的磁极极性相同，通过使第二内磁极 202 与第一内磁极 102 连接，有利于加工。

第二内磁极 202 的形状包括但不限于：V 形（如图 5a 所示）、U 形（如图 5b 所示）或者 Y 形（如图 5c 所示）。其中，V 形或者 U 形的开口背离旋转中心 O。

上述磁控管更加适用于在尺寸较大的待加工工件（例如 8 寸或 12 寸晶片）上沉积磁性薄膜，这是因为：当待加工工件的尺寸较大时，需要适应性地增大靶材尺寸，而由于偏置磁场的磁场衰减较快，其对待加工工件边缘部分的影响较大，对中心部分的影响较小，因此通过对应待加工工件边缘部分设置第一磁场轨道 103，可以改善在待加工工件边缘部分沉积的磁性薄膜的均匀性，同时，通过对应待加工工件中心部分设置第二磁场轨道 203，可以实现对靶材的全靶扫描，避免了扫描盲区的存在，从而提高了磁性薄膜的溅射均匀性。

优选地，第一磁场轨道 103 在自旋转中心 O 且沿其中一条半径方向发射出的直线 L 方向上的宽度相等。即，如图 3 所示，间距 H1 的宽度等于间距 H2 的宽度。这样，可以使位于间距 H1 和间距 H2 中磁畴数量基本相同，从而使受吸引力和受排斥力的磁性材料数量基本相同，进而使向待加工工件边缘移动的磁性材料和向待加工工件中心移动的磁性材料数量基本相同，从而提高了磁性薄膜的均匀性。

上述第一磁场轨道 103 在上述直线 L 方向上的宽度的取值范围优选在 10~60mm，进一步优选在 15mm~35mm。该宽度范围是根据磁场的衰减速度尽可能多地设置能够对磁性材料产生吸引力和排斥力的磁场轨道的对数，从而能够有效的提高磁性薄膜均匀性。

优选的，如图 5b 所示，第一圆弧 101a 的圆心角为角 α ；两段第二子磁极 101b 的另一端分别与旋转中心 O 之间的两条连线之间的夹角为角 β ；并且，角 α 与角 β 的比值优选大于 3.5。这样，可以将第一磁场轨道 103 在圆周方向上的分布控制在一定的比例范围内，从而在对尺寸较大的待加工工件进行加工时，可以有效提高其边缘部分的磁性薄膜的均匀性。

进一步优选的，如图 5d 所示，上述角 α 接近于 360 度，此时沉积至待加工工件上的磁性薄膜的均匀性更佳。

需要说明的是，图 5a-图 5d 示出的磁控管，其第二外磁极 201 的两端分别和第一外磁极 101 的两端相连形成一个闭合的外磁极。但是，本发明并不局限于此，在实际应用中，二者还可以相互独立。

第二种磁控管的结构如图 5e 和图 5f 所示，其与上述第一种磁控管的结构（如图 5a~图 5d）相比，其区别仅在于：在图 4a 示出的磁控管的基础上，第二外磁极 201 与第一外磁极 101 不相连；第二内磁极 202 与所述第一内磁极 102 不相连。而且，在第二外磁极 201 和第二内磁极 202 之间形成第二磁场轨道 203，旋转中心 O 位于第二磁场轨道 203 内。

这样，第二外磁极 201 与第一外磁极 101 相互独立，从而二者的磁性没有关联；第二内磁极 202 与第一内磁极 102 相互独立，从而二者的磁性没有关联，由此，仅需要保证第二内磁极 202 和第二外磁极 201 的极性相反即可。

在实际应用中，第二外磁极 201 和第二内磁极 202 可以为曲线、直线、或者其它任意形状，只要能够将旋转中心 O 包围在第二磁场轨道 203 内即可。

如图 5e 和图 5f 所示的第二种磁控管可以使待加工工件边缘部分的磁性薄膜溅射均匀，同时可以实现全靶扫描。另外，如图 5e 和图 5f 所示的第二种磁控管可以应用在溅射电源为射频电源的情况。

采用本发明实施例提供的上述各个结构的磁控管进行溅射工艺获得的磁性薄膜均匀性均 $\leq 5\%$ ，甚至能达到 3%，具有非常优良的薄膜均匀性。

综上所述，本发明实施例提供的磁控管，其可以补偿沉积至待加工工件的边缘区域和中心区域的磁性材料的数量差异，从而可以提高薄膜均匀性。而且，本发明的磁控管在用于非磁性薄膜的溅射沉积时，也能得到均匀性良好的薄膜。

作为另一个技术方案，本发明还提供一种磁控溅射腔室，用于沉积磁性薄膜，包括：本发明实施例提供的上述磁控管，该磁控管沿旋转中心进行旋转，用于对靶材表面进行扫描。并且，在磁控溅射腔室中还设置有助于形成

水平磁场的偏置磁场装置。

通过设置上述偏置磁场装置，可以在承载装置 4 上方形成水平磁场（磁场强度可以达到 50~300Gs），使沉积在待加工工件 S 表面上的磁性材料的磁畴沿水平方向排列，从而能够在磁畴排列方向上形成易磁化场，而在与磁畴排列方向垂直的方向上形成难磁化场，即，形成面内各向异性场，进而获得面内各向异性的磁性薄膜，适用于在尺寸较大的待加工工件（例如 8 寸或 12 寸晶片）上沉积磁性薄膜。

下面对本发明提供的磁控溅射腔室的具体实施方式进行详细描述。具体地，请参阅图 6，磁控溅射腔室包括腔体 1、磁控管组件 2、靶材 3、承载装置 4、上屏蔽件 5、下屏蔽件 6 和偏置磁场装置。其中，靶材 3 设置在腔体 1 内的顶部；承载装置 4 用于承载待加工工件 S，其设置在腔体 1 内的底部，且与靶材 3 相对设置；上屏蔽件 5 固定在腔体 1 的侧壁顶部，且环绕腔体 1 侧壁的内侧设置；下屏蔽件 6 固定在腔体 1 侧壁的顶部且位于上屏蔽件 5 外侧，下屏蔽件 6 形成有环绕在承载装置 4 和腔体 1 侧壁之间的凹槽，上屏蔽件 5 和下屏蔽件 6 用于保护腔体 1 的侧壁和承载装置 4 以下的部分不被等离子体腐蚀。

磁控管组件 2 设置在靶材 3 的上方，包括：采用绝缘材料制成的固定架 21 和磁控管 22。其中，固定架 21 为具有开口的壳体结构，且具有开口的一端固定在靶材 3 上；磁控管 22 设置在固定架 21 内，且固定在固定架 21 的顶部，并且在固定架 21 内还填充有用于冷却靶材 3 的去离子水 23；磁控管 22 用于对靶材 3 的表面进行扫描，磁控管 22 围绕旋转中心进行自转，该旋转中心与靶材 3 的中心相对应。

偏置磁场装置通过螺丝 8 固定在下屏蔽件 6 的凹槽内，该偏置磁场装置包括：第一磁组和第二磁组，其中，第一磁组包括多个第一磁柱 75 和第二磁组包括多个第二磁柱 76，且多个第一磁柱 75 围绕承载装置 4 排列形成圆弧

状，多个第二磁柱 76 围绕承载装置 4 排列形成圆弧状，并且多个第一磁柱 75 与多个第二磁柱 76 对称设置。而且，第一磁柱 75 和第二磁柱 76 的指向承载装置 4 的磁极不同具体地，第一磁柱 75 指向承载装置 4 的磁极为 N 极，而第二磁柱 76 指向承载装置 4 的磁极为 S 极。

本发明实施例提供的磁控溅射腔室，其通过采用本发明实施例提供的上述磁控管，可以避免因偏置磁场的存在而产生的待加工工件上形成的薄膜均匀性差的问题，从而可以提高薄膜均匀性。

作为另一个技术方案，本发明实施例还提供一种磁控溅射设备，其包括本发明实施例提供的上述磁控溅射腔室。

本发明实施例提供的磁控溅射设备，其通过采用本发明实施例提供的上述磁控溅射腔室，可以避免因偏置磁场的存在而产生的待加工工件上形成的薄膜均匀性差的问题，从而可以提高薄膜均匀性。

可以理解的是，以上实施方式仅仅是为了说明本发明的原理而采用的示例性实施方式，然而本发明并不局限于此。对于本领域内的普通技术人员而言，在不脱离本发明的精神和实质的情况下，可以做出各种变型和改进，这些变型和改进也视为本发明的保护范围。

权 利 要 求 书

1. 一种磁控管，其具有旋转中心，其特征在于，所述磁控管包括极性相反的第一外磁极和第一内磁极；其中，

5 所述第一外磁极为环绕所述旋转中心的环形结构；

所述第一内磁极位于所述第一外磁极的内侧，且在所述第一内磁极与所述第一外磁极之间形成第一磁场轨道；

自所述旋转中心且沿其中一条半径方向发射出的直线至少连续两次穿过所述第一磁场轨道，且所述直线连续两次穿过的所述第一磁场轨道的磁场
10 方向相反。

2. 如权利要求 1 所述的磁控管，其特征在于，所述磁控管还包括极性相反的第二外磁极和第二内磁极；其中，

在所述第二外磁极和所述第二内磁极之间形成第二磁场轨道，且所述旋
15 转中心位于所述第二磁场轨道内；

所述第一磁场轨道环绕所述第二磁场轨道设置。

3. 如权利要求 2 所述的磁控管，其特征在于，所述第一外磁极包括圆弧形的第一子磁极和两段圆弧形的第二子磁极，其中，

20 两段所述第二子磁极的一端分别与所述第一子磁极的两端连接，两段所述
第二子磁极的另一端向靠近所述第一子磁极的中心延伸，且两段所述第二
子磁极位于同一圆周，并且两段所述第二子磁极的另一端不相连；

所述第一内磁极为圆弧形；

所述第一子磁极、两段所述第二子磁极和所述第一内磁极的圆心均与所
25 述旋转中心相重合。

4. 如权利要求 3 所述的磁控管，其特征在于，所述第二外磁极为圆弧

形，且所述第二外磁极的两端分别与两段所述第二子磁极的另一端连接，该连接处位于所述旋转中心的一侧，且所述第二外磁极的靠近中间的一部分位于所述旋转中心的另一侧；

所述第二内磁极设置在所述第一内磁极和所述第二外磁极之间。

5

5. 如权利要求 4 所述的磁控管，其特征在于，所述第二内磁极与所述第一内磁极连接。

6. 如权利要求 3 所述的磁控管，其特征在于，所述第二外磁极与所述第一外磁极不相连；

10

所述第二内磁极与所述第一内磁极不相连。

7. 如权利要求 4 所述的磁控管，其特征在于，所述第二内磁极的形状包括：V 形、U 形或者 Y 形，且 V 形或者 U 形的开口背离所述旋转中心。

15

8. 如权利要求 3 所述的磁控管，其特征在于，所述第一子磁极的圆心角为角 α ；两段所述第二子磁极的另一端分别与所述旋转中心之间的两条连线之间的夹角为角 β ；

所述角 α 与所述角 β 的比值大于 3.5。

20

9. 如权利要求 1 所述的磁控管，其特征在于，所述第一外磁极包括圆弧形的第三子磁极和圆弧形的第四子磁极，其中，

所述第四子磁极位于所述第三子磁极的内侧，且二者的圆心均与所述旋转中心相重合，并且所述第四子磁极的两端分别与所述第三子磁极的两端连接；

25

所述第一内磁极为圆弧形，且所述第一内磁极的圆心与所述旋转中心相重合。

10. 如权利要求 1 所述的磁控管，其特征在于，所述直线穿过所述第一磁场轨道的次数为偶数。

11. 如权利要求 1 所述的磁控管，其特征在于，所述第一磁场轨道在所述直线方向上的宽度相等。

12. 如权利要求 11 所述的磁控管，其特征在于，所述第一磁场轨道的宽度的取值范围在 10~60mm。

13. 如权利要求 12 所述的磁控管，其特征在于，所述第一磁场轨道的宽度的取值范围在 15mm~35mm。

14. 如权利要求 2 所述的磁控管，其特征在于，所述第二磁场轨道的宽度的取值范围在 10~60mm。

15. 一种磁控溅射腔室，用于沉积磁性薄膜，其特征在于，包括权利要求 1-14 任意一项所述的磁控管，所述磁控管沿所述旋转中心进行旋转，用于对靶材表面进行扫描；

并且，在所述磁控溅射腔室中还设置有助于形成水平磁场的偏置磁场装置。

16. 一种磁控溅射设备，包括磁控溅射腔室，其特征在于，所述磁控溅射腔室采用权利要求 15 所述的磁控溅射腔室。

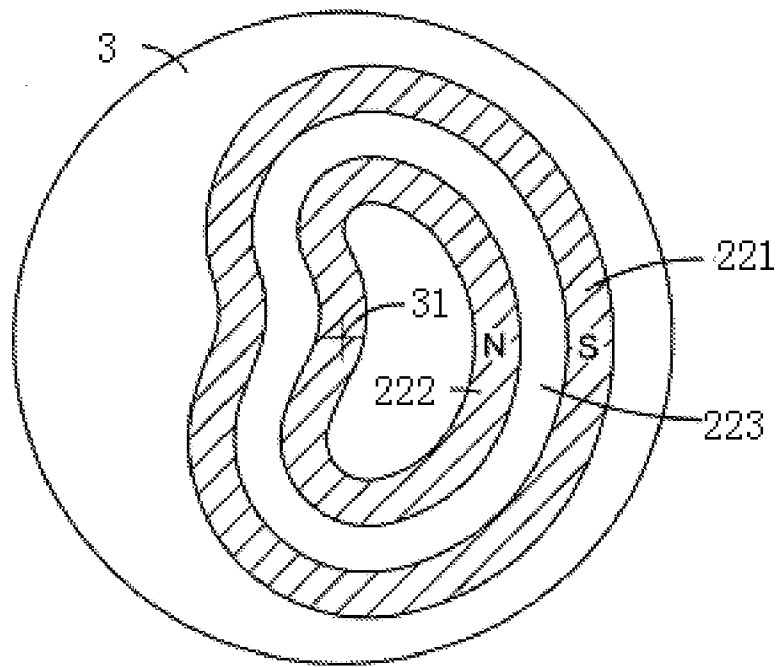


图 1a

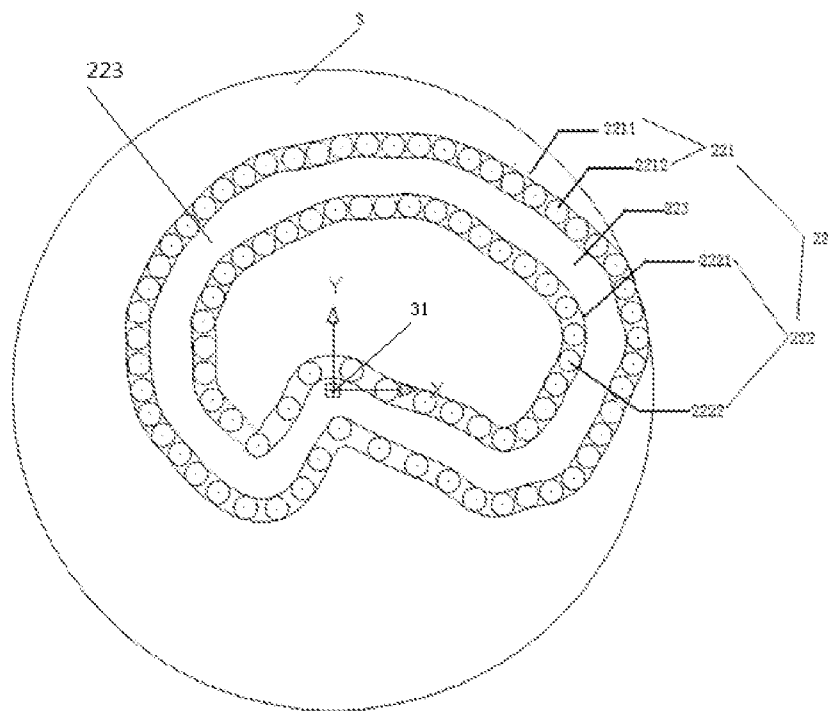


图 1b

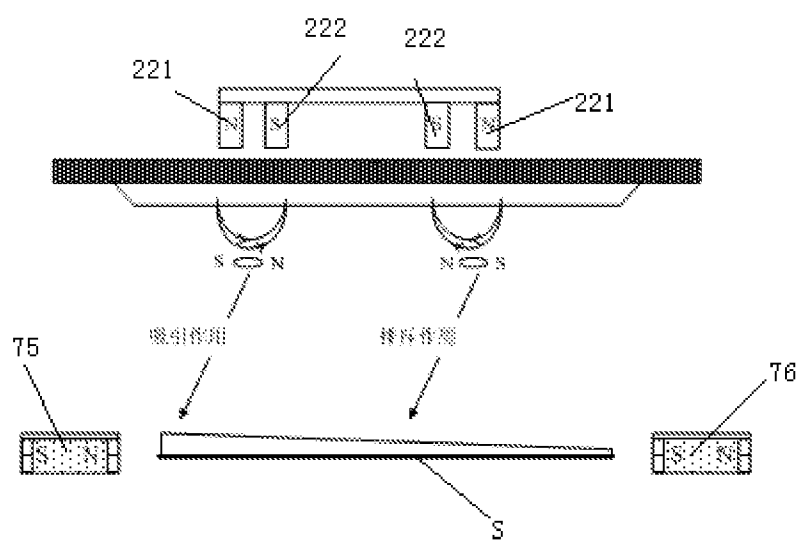


图 2

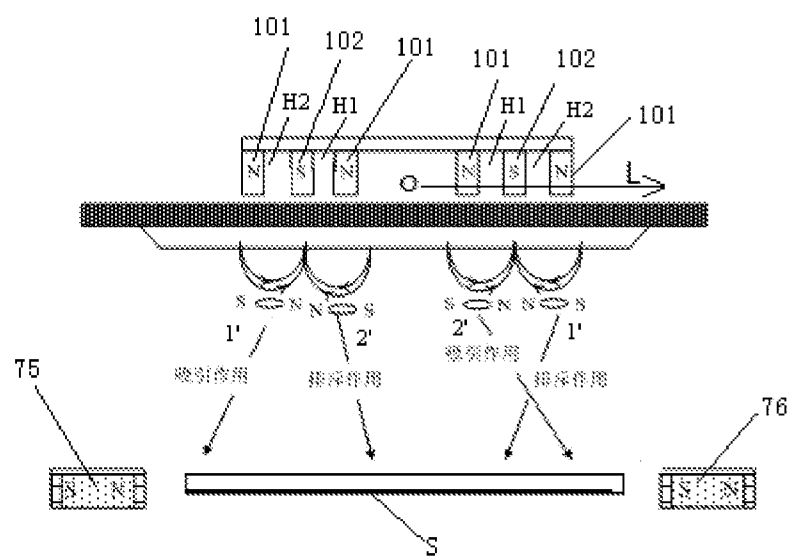


图 3

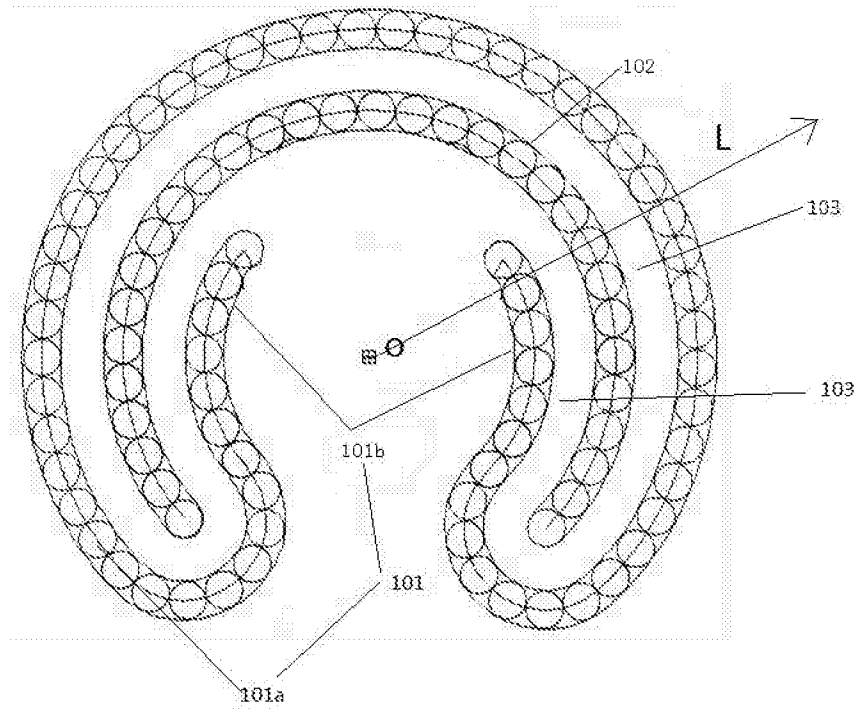


图 4a

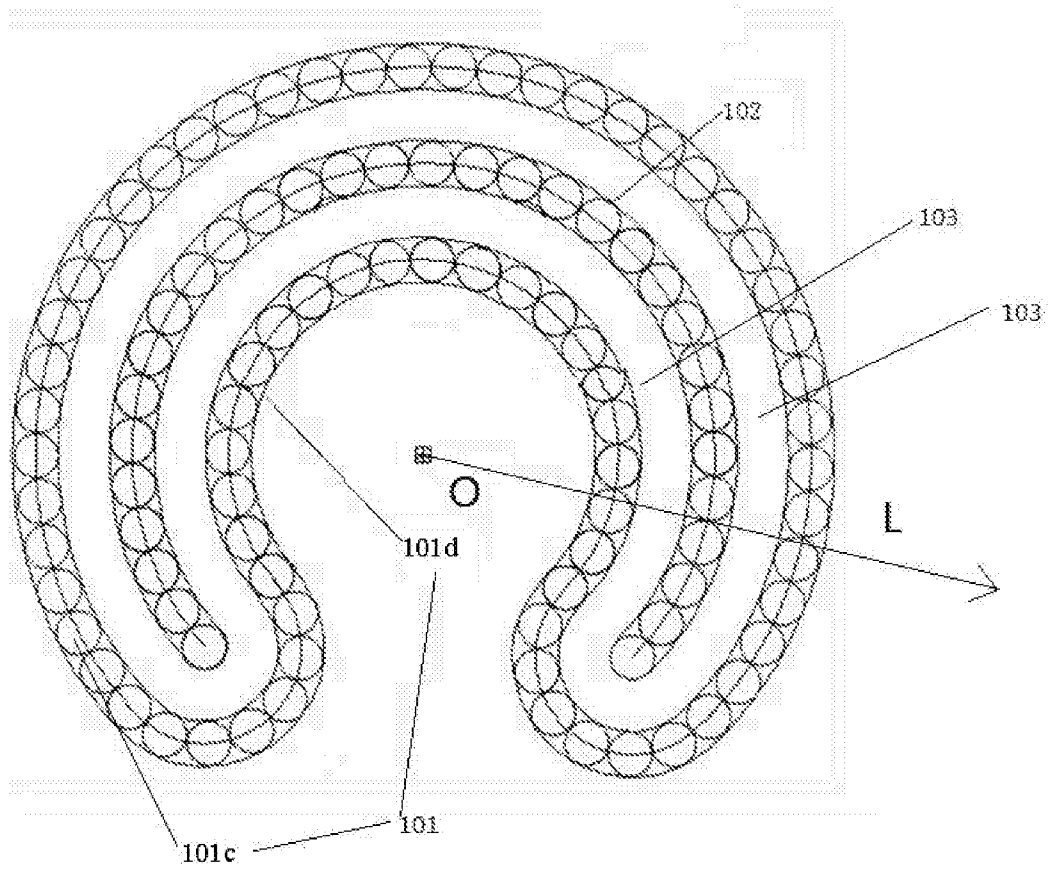


图 4b

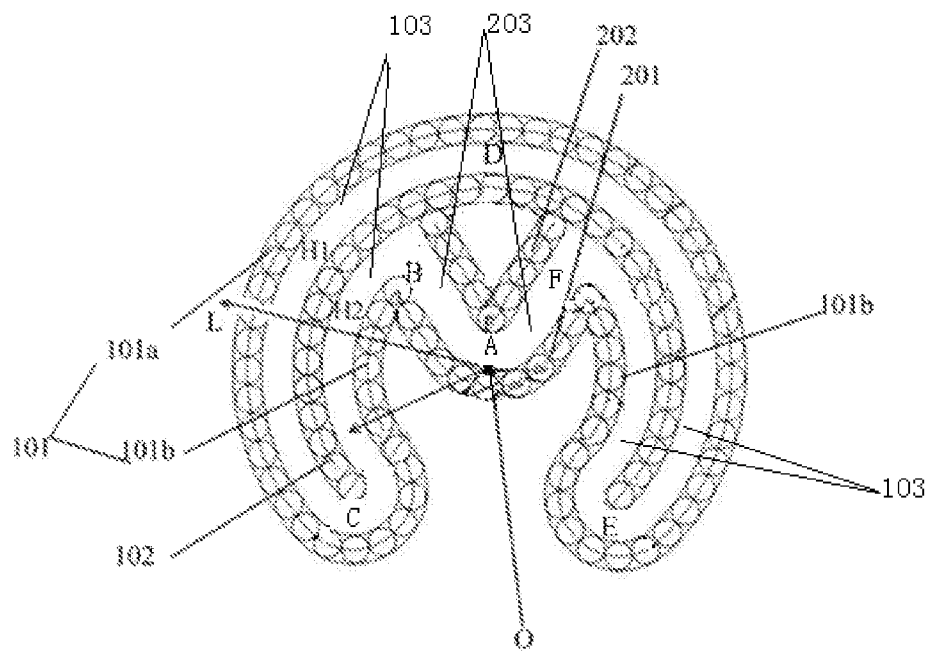


图 5a

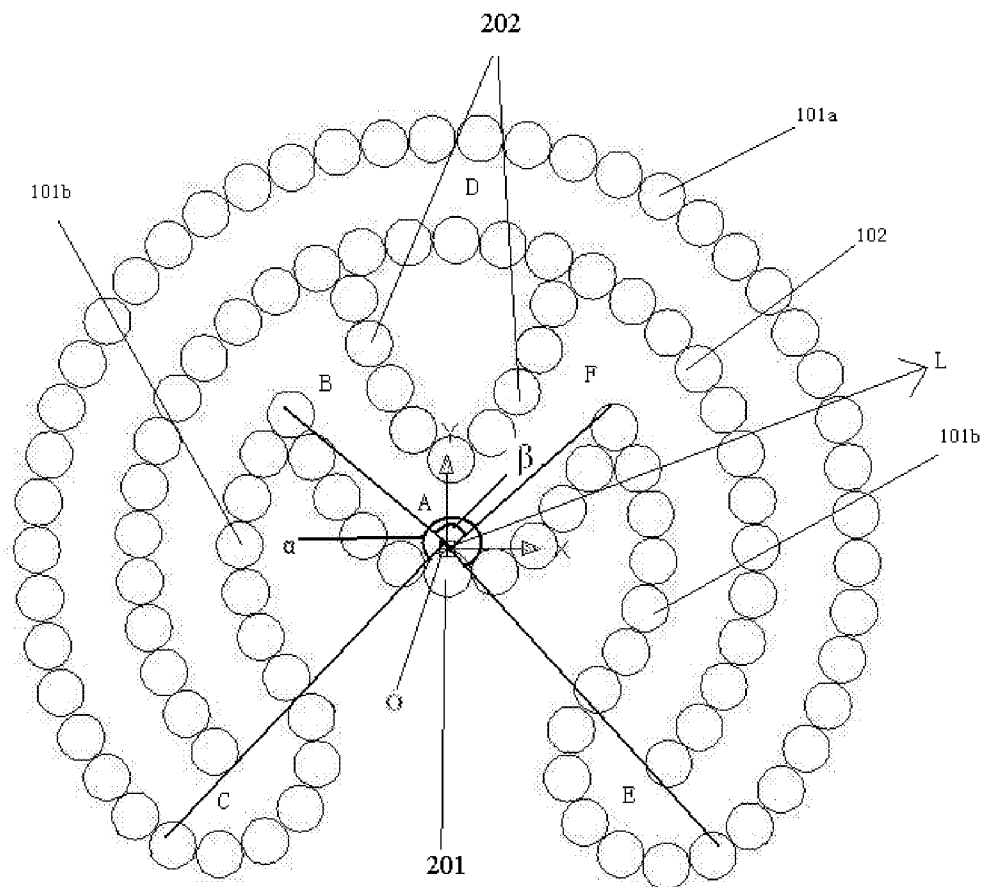


图 5b

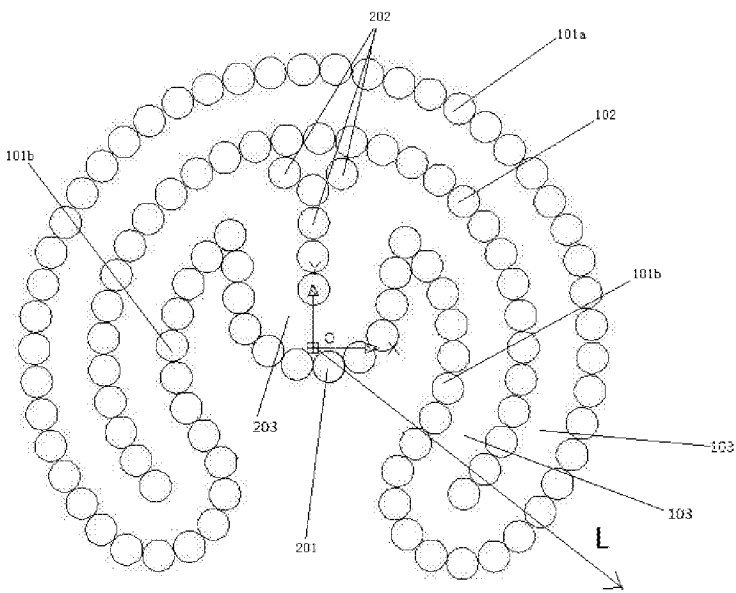


图 5c

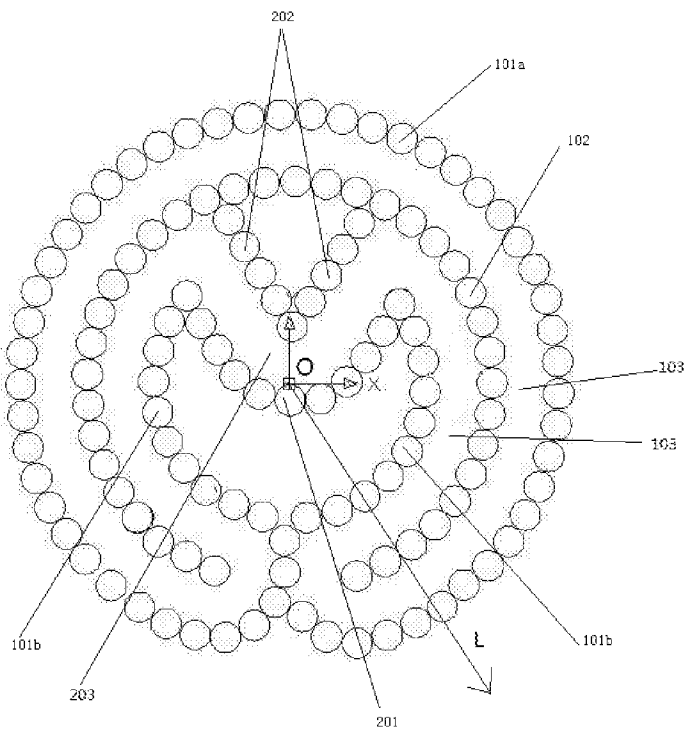


图 5d

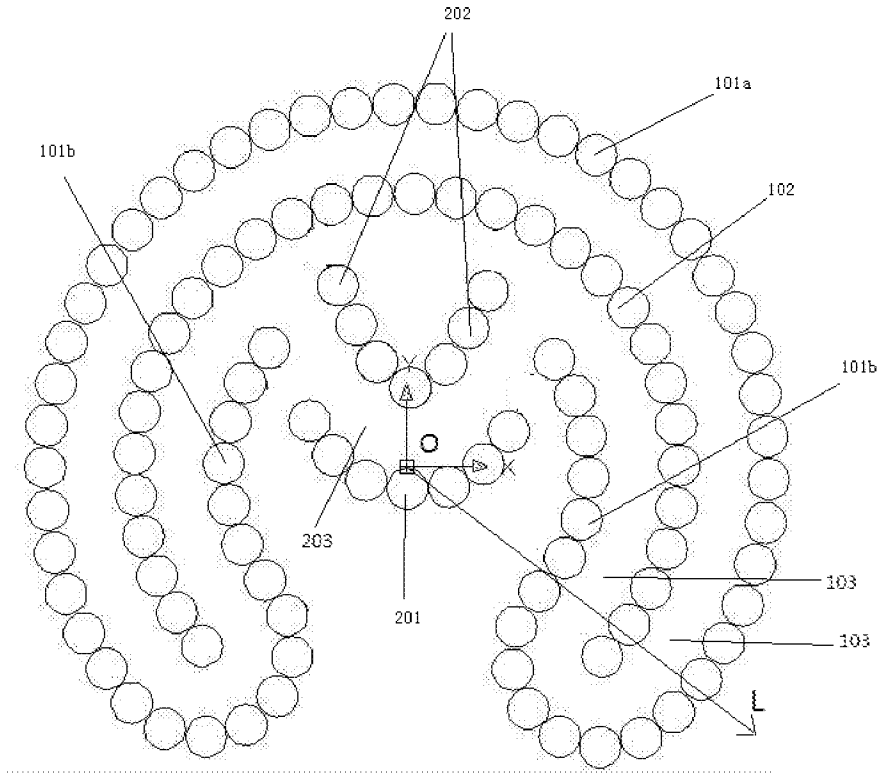


图 5e

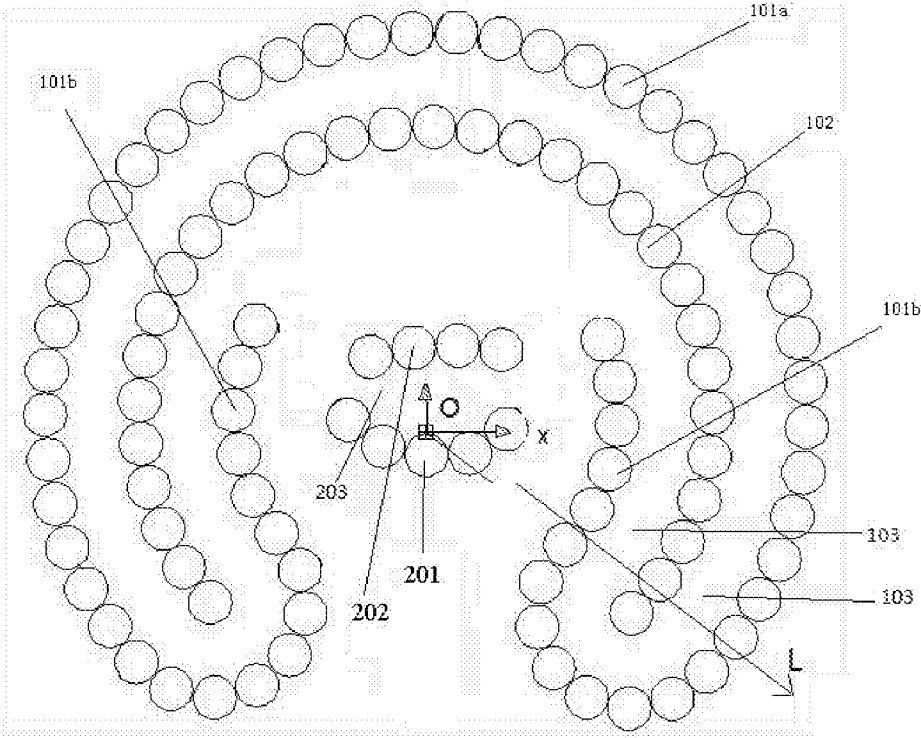


图 5f

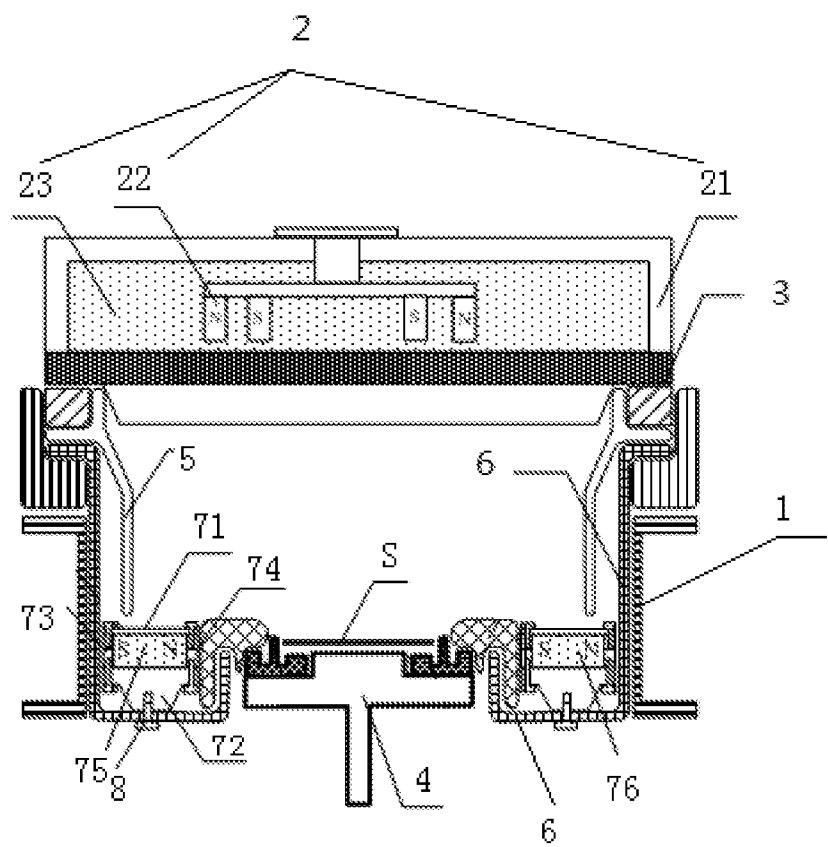


图 6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2017/107831

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

C23C 14/35 (2006.01) i; H01J 37/34 (2006.01) i; H01J 25/50 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

C23C 14/-; H01J 37/-; H01J 25/-

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNPAT, EPODOC, WPI, CNKI: 磁控管, 轨道, 靶, 旋转, 中心, 半径, magnetron, track, target, rotate, center, radius

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CN 1997768 A (APPLIED MATERIALS INC.) 11 July 2007 (11.07.2007), description, page 5, lines 10-15 and page 13, line 27 to page 14, line 9	1, 2, 10-16
A	CN 104937134 A (APPLIED MATERIALS INC.) 23 September 2015 (23.09.2015), entire document	1-15
A	US 2003201174 A1 (UNAXIS DEUTSCHLAND GMBH) 30 October 2003 (30.10.2003), entire document	1-15
A	CN 102789941 A (BEIJING NMC BASE EQUIPEMENT PROCESS RESEARCH CENTER LLC.) 21 November 2012 (21.11.2012), entire document	1-15

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date	“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	“&” document member of the same patent family
“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 24 January 2018	Date of mailing of the international search report 05 February 2018
Name and mailing address of the ISA State Intellectual Property Office of the P. R. China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088, China Facsimile No. (86-10) 62019451	Authorized officer NI, Yongle Telephone No. (86-10) 62084096

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2017/107831

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 1997768 A	11 July 2007	US 2006144703 A1	06 July 2006
		US 7186319 B2	06 March 2007
		TW 200627502 A	01 August 2006
		KR 20070106917 A	06 November 2007
		WO 2006074013 A1	13 July 2006
		KR 101292651 B1	02 August 2013
		CN 1997768 B	27 April 2011
		TW I327742 B	21 July 2010
CN 104937134 A	23 September 2015	KR 20150123266 A	03 November 2015
		TW 201439357 A	16 October 2014
		WO 2014133964 A1	04 September 2014
		US 9812303 B2	07 November 2017
		US 2014246314 A1	04 September 2014
		CN 104937134 B	27 October 2017
US 2003201174 A1	30 October 2003	US 2001022271 A1	20 September 2001
		US 2005217992 A1	06 October 2005
		US 6579424 B2	17 June 2003
		SG 94751 A1	18 March 2003
		DE 10004824 B4	25 June 2009
		JP 2001279439 A	10 October 2001
		DE 10004824 A1	16 August 2001
		TW 1247820 B	21 January 2006
		JP 5068904 B2	07 November 2012
		CN 102789941 B	08 July 2015
CN 102789941 A	21 November 2012		

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2017/107831

A. 主题的分类

C23C 14/35(2006.01)i; H01J 37/34(2006.01)i; H01J 25/50(2006.01)i

按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类

B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

C23C14/-; H01J37/-; H01J25/-

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用))

CNPAT, EPODOC, WPI, CNKI:磁控管, 轨道, 靶, 旋转, 中心, 半径, magnetron, track, target, rotate, center, radius

C. 相关文件

类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
X	CN 1997768 A (应用材料股份有限公司) 2007年 7月 11日 (2007 - 07 - 11) 说明书第5页第10-15行, 说明书第13页第27行至第14页第9行	1-2、10-16
A	CN 104937134 A (应用材料公司) 2015年 9月 23日 (2015 - 09 - 23) 全文	1-15
A	US 2003201174 A1 (UNAXIS DEUTSCHLAND GMBH) 2003年 10月 30日 (2003 - 10 - 30) 全文	1-15
A	CN 102789941 A (北京北方微电子基地设备工艺研究中心有限责任公司) 2012年 11月 21日 (2012 - 11 - 21) 全文	1-15

☐ 其余文件在C栏的续页中列出。☒ 见同族专利附件。

* 引用文件的具体类型:

“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件 (如具体说明的)

“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件

“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性

“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性

“&” 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期

2018年 1月 24日

国际检索报告邮寄日期

2018年 2月 5日

ISA/CN的名称和邮寄地址

中华人民共和国国家知识产权局(ISA/CN)
中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088

传真号 (86-10)62019451

受权官员

倪永乐

电话号码 (86-10)62084096

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2017/107831

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利			公布日 (年/月/日)
CN	1997768	A	2007年 7月 11日	US	2006144703	A1	2006年 7月 6日
				US	7186319	B2	2007年 3月 6日
				TW	200627502	A	2006年 8月 1日
				KR	20070106917	A	2007年 11月 6日
				WO	2006074013	A1	2006年 7月 13日
				KR	101292651	B1	2013年 8月 2日
				CN	1997768	B	2011年 4月 27日
				TW	I327742	B	2010年 7月 21日
CN	104937134	A	2015年 9月 23日	KR	20150123266	A	2015年 11月 3日
				TW	201439357	A	2014年 10月 16日
				WO	2014133964	A1	2014年 9月 4日
				US	9812303	B2	2017年 11月 7日
				US	2014246314	A1	2014年 9月 4日
				CN	104937134	B	2017年 10月 27日
US	2003201174	A1	2003年 10月 30日	US	2001022271	A1	2001年 9月 20日
				US	2005217992	A1	2005年 10月 6日
				US	6579424	B2	2003年 6月 17日
				SG	94751	A1	2003年 3月 18日
				DE	10004824	B4	2009年 6月 25日
				JP	2001279439	A	2001年 10月 10日
				DE	10004824	A1	2001年 8月 16日
				TW	I247820	B	2006年 1月 21日
				JP	5068904	B2	2012年 11月 7日
CN	102789941	A	2012年 11月 21日	CN	102789941	B	2015年 7月 8日

表 PCT/ISA/210 (同族专利附件) (2009年7月)